

связано с наблюдаемым для Y-TZP композитов уменьшением размера зерна тетрагональной фазы диоксида циркония [4].

Таким образом, показано, что введение армирующих частиц *h*-BN и MWCNT в Y-TZP матрицу позволяет создать условия для возникновения эффекта трансформационного упрочнения путем тетрагонально-моноклинного фазового превращения, что одновременно с реализацией механизма Кука-Гордона и упрочнения с помощью высоко модульных углеродных нанотрубок может стать основной для создания толерантных к дефектам структур в керамиках и получить принципиально новый класс материалов, способных к длительной эксплуатации в экстремальных условиях.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-32-00304

Список литературы

1. Cook J., Gordon J.E., Evans C.C., Marsh D.M. A Mechanism for the Control of Crack Propagation in All-Brittle Systems. Proc. R. Soc. A Math. Phys. Eng. Sci, The Royal Society, 1964, T. 282, № 1391, C. 508–520.
2. Буяков А. С., Мировой Ю. А., Буякова С. П. Влияние низко модульных включений BN на свойства Y-TZP керамики //Перспективные материалы. – 2019. – №. 4. – С. 49-56.
3. Lei Chen, Yihe Huang, Yujin Wang, Haifeng Shen, Jiansun Rao, Yu Zhou // Effect of ZrO₂ content on microstructure, mechanical properties and thermal shock resistance of (ZrB₂3Y-ZrO₂)/BN composites. Materials Science & Engineering. 2013, no. 573, pp. 106–110.
4. Mazaheri M., Simchi A., Golestani-Fard F. // Densification and grain growth of nanocrystalline 3Y-TZP during two-step sintering. Journal of the European Ceramic Society. 2008, T. 28, №. 15, pp. 2933-2939.

МЕТОД ПРЯМОГО ПЛАЗМОДИНАМИЧЕСКОГО СИНТЕЗА ДИОКСИДА ТИТАНА

Д.А. НАНЗАНОВ, Ю.Н. ВЫМПИНА

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

E-mail: dnanzanov@yandex.ru

В наши дни диоксид титана TiO₂ является широко известным сорбентом и фотокатализатором. Помимо таких свойств, как низкая стоимость, химическая стабильность и механическая устойчивость, диоксид титана обладает каталитической активностью и нетоксичностью. Порошок диоксида титана используется в радиоэлектронной промышленности, медицине, в частности, для очистки воды и воздуха.

В последнее время возрос интерес к получению наноразмерных порошков диоксида титана. Уменьшение размера частиц позволяет увеличить площадь удельной поверхности материала и уменьшает расстояние до зоны поверхностной реакции [1-3]. Это позволяет увеличить число реакций, происходящих на поверхности частиц, и ведет к лучшему разделению электронно-дырочных пар [4].

В данной работе рассмотрен новый способ получения ультрадисперсного порошка диоксида титана методом плазмодинамического синтеза (ПДС). Преимуществами представленного метода является его быстроедействие (время протекания процесса 10⁻³с), отсутствие необходимости в предварительной подготовке материала и его одностадийность. Помимо этого, метод является безопасным и экологически чистым.

Процесс синтеза основан на генерации высокоскоростной низкотемпературной электроэрозионной плазмы с использованием импульсного сильноточного высоковольтного

коаксиального магнитоплазменного ускорителя (КМПУ). Источником питания является система конденсаторных батарей, объединенных в один секционированный емкостной накопитель энергии (ЕНЭ) с максимальной емкостью $C_{зар}=28,8$ мФ и зарядным напряжением до $U_{зар}=5$ кВ.

Принцип проведения эксперимента заключается в следующем. Производится зарядка ЕНЭ до необходимого значения напряжения, затем при замыкании силовых ключей по контуру установки начинает протекать нарастающий ток, который при достижении своего критического значения создает дуговой разряд, в основании ускорительного канала (УК) происходит формирование плазменной структуры. По мере движения плазмы происходит электроэрозионный износ поверхности УК, что ведет к наработке основного материала – титана. Полученный эродированный материал поступает в герметичный объем камеры-реактора, наполненного смесью газа кислород/аргон (O_2 / Ar). Эксперимент проводился при следующих параметрах установки: $C_{зар}=28,8$ мФ, $U_{зар}=5$ кВ, длина и диаметр ствола $l_{ук} = 230$ мм, $d_{ук} = 12$ мм, давление в камере $P=1$ атм, соотношение $O_2/Ar - 1:1$.

Исследование синтезированного продукта было произведено методом рентгеновской дифрактометрии с помощью дифрактометра Shumadzu XRD 7000S, (CuK_{α} -излучение). Кристаллические фазы диоксида титана были определены с помощью программы «PowderCell2.4». Полученные результаты были сопоставлены с карточками из базы данных «PDF4+».

Синтезированный материал представляет собой порошок, содержащий 2 структурные модификации диоксида титана: анатаз и рутил с тетрагональной сингонией. Небольшое отклонение параметров решетки структурных фаз от данных указанных в базе данных «PDF4+» можно объяснить высокой динамикой процесса плазмодинамического синтеза. Из рентгенофазового анализа видно, что в продукте преобладает фаза анатаза с процентным содержанием 61,7%, в рутиле же - 38,3%. Подробные данные представлены в таблице 1.

По данным дифрактометрии можно наблюдать небольшое уширение пика в зоне 53,8-54,5 град. Тем не менее, разделение на 2 фазы прослеживается довольно отчетливо.

Таблица 1 – Данные рентгенофазовой дифрактометрии

Фаза	Содержание, % (масс.)	$\Delta d/d \cdot 10^3$	Параметры решетки, Å
$aTiO_2$ (анатаз)	61,7	1,347	a:3,7844/3,7852 c:9,5024/9,5139
$rTiO_2$ (рутил)	38,3	0,269	a:4,5920/4,5933 c:2,9578/2,9592

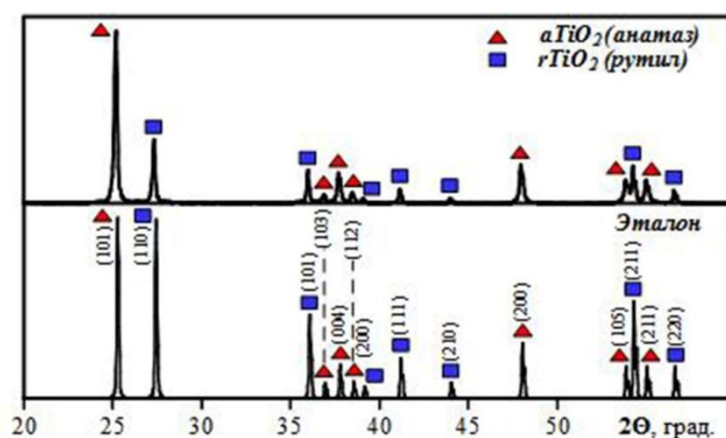


Рисунок 1 – XRD-картина продукта ПДС и эталоны карточек

Дополнительно было произведено исследование продукта ПДС посредством сканирующей электронной микроскопии (SEM). Выявлено, что в основном частицы имеют сферическую форму, при этом большая часть из них имеет размеры менее 100 нм, что может свидетельствовать о наноразмерности продукта.

Результаты данной работы позволяют подтвердить возможность получения мелкодисперсного порошка диоксида титана методом прямого плазмодинамического синтеза. В синтезированном продукте было выявлено наличие двух структурных модификаций TiO_2 . Получены частицы размером менее 100 нм, что подтверждает наноразмерность синтезируемого материала. Неравновесность и высокая динамичность процесса прямого плазмодинамического синтеза приводит к формированию дефектов в кристаллической структуре частиц, о чем свидетельствуют отличия в параметрах решетки идентифицированных фаз от стандартных значений.

Список литературы:

1. Lee B. et al. All-solid-state dye-sensitized solar cells with high efficiency // Nature. – 2012. – Vol. 485. – №. 7399. – P. 486.
2. Huang H. H. et al. Osteoblast-like cell initial adhesion onto a networkstructured titanium oxide layer // Scripta Materialia. – 2004. – Vol. 51. – №. 11. – P. 1017-1021.
3. Lilja M. et al. Photocatalytic and antimicrobial properties of surgical implant coatings of titanium dioxide deposited though cathodic arc evaporation // Biotechnology letters. – 2012. – Vol. 34. – №. 12. – P. 2299-2305.
4. Anandan S., Ikuma Y., Niwa K. An overview of semi-conductor photocatalysis: modification of TiO_2 nanomaterials // Solid State Phenomena. – Trans Tech Publications. – 2010. – Vol. 162. – P. 239-260.

ВЛИЯНИЕ ПРИРОДЫ ПЛАСТИФИКАТОРОВ НА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА РЕЗИН НА ОСНОВЕ БУТАДИЕН-НИТРИЛЬНОГО КАУЧУКА

В.В. ПАВЛОВА, М.Д. СОКОЛОВА

Институт проблем нефти и газа СО РАН ФГБУН ФИЦ ЯНЦ СО РАН

E-mail: pavvaleriya-55@mail.ru

Одним из важнейших методов модификации полимеров является пластификация. Суть ее состоит в изменении свойств полимеров путем введения в них добавок низкомолекулярных веществ – пластификаторов, изменяющих вязкость системы, гибкость молекул, подвижность надмолекулярных структур.

В Российской промышленности долгое время самыми распространенными пластификаторами были сложные эфиры на основе спиртов и фталевой кислоты - фталаты. Типичный представитель из этого класса – диоктилфталат (ДОФ). Он занимает ведущую позицию на российском рынке среди промышленных пластификаторов. Хорошо совмещается с каучуками, и обеспечивает необходимые физико-механические и диэлектрические свойства резинам. Однако он имеет повышенную летучесть и ухудшает огнестойкость резин. Морозостойкость резин обеспечивается лишь до -40°C [1].

В настоящее время применение ДОФ в Европе снижено в связи с негативным влиянием на организм человека. Поэтому одной из актуальных задач является поиск альтернативы данному пластификатору. В связи с этим, представляет интерес заменить ДОФ в рецептуре стандартной резиновой смеси на диоктилтерефталат (ДОТФ) и исследовать его влияние на эксплуатационные свойства резин.

Правильный выбор типа и марки каучука в значительной мере определяет срок эксплуатации изделия. Одним из каучуков специального назначения, который сочетает высокую маслобензостойкость и удовлетворительную морозостойкость является бутадиен-